

Thème : OBSERVER, ondes et matière : Propriétés des ondes

Contenus : effet DOPPLER

Compétences :

- Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mesurer une vitesse en utilisant l'effet Doppler.
- Exploiter l'expression du décalage Doppler de la fréquence dans le cas des faibles vitesses.

Compétences réinvesties :

- Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la période, la fréquence d'une onde progressive sinusoïdale.
- Réaliser l'analyse spectrale d'un son musical.

Objectifs :

A partir d'un enregistrement sonore d'un son musical émis depuis un vélo, il s'agit de déterminer la vitesse de ce vélo en s'appuyant sur les relations liées à l'effet Doppler.

Résumé

A partir d'un enregistrement sonore, il s'agit de déterminer la vitesse d'un vélo en s'appuyant sur les relations liées à l'effet Doppler.

L'usage d'un logiciel de traitement du signal est nécessaire.

On pourra réutiliser les notions abordées précédemment : période, fréquence, harmoniques.

L'exploitation de la vidéo du passage du vélo permettra une autre mesure de la vitesse du vélo.

Matériel :

- un ordinateur avec un logiciel d'acquisition et de traitement du signal (Latis)
- une centrale d'acquisition
- un boîtier de connexion pour relier la sortie audio de l'ordinateur à la centrale d'acquisition
- un casque audio
- Pour réaliser soi-même les expériences :
  - un vélo
  - un dispositif d'enregistrement sonore (nous avons utilisé un smartphone) (autres possibilités : dictaphone, appareil photo, micro relié à un ordinateur)
  - un lecteur MP3 ou un smartphone relié à une petite enceinte autonome (fixée au vélo) et un fichier sonore
  - une caméra

Documents joints :

fichiers sonores :

- signal sonore enregistré lorsque la source est immobile
- signal sonore enregistré lorsque la source se rapproche (vélo qui s'approche)
- son d'un klaxon d'une voiture qui s'approche
- animation pour comprendre l'effet Doppler
- photo cuve à ondes pour visualiser l'effet Doppler sur l'eau
- fiche d'aide Latis (acquisition, mesure de période et fréquence, analyse spectrale)

Compétences travaillées :

- Mettre en œuvre une démarche expérimentale : usage des TICE (traitement du signal)
1. repérer des informations spécifiques (fréquence fondamentale, harmonique)
  2. mettre en relation (décalage en fréquence et fréquence fixe)
  3. calculer, convertir
  4. être critique sur ces mesures
  5. repérer les sources d'erreurs (aléatoires,...)
  6. communiquer par les outils adéquats un compte rendu des travaux réalisés
    - Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mesurer une vitesse en utilisant l'effet Doppler
  7. Exploiter l'expression du décalage Doppler de la fréquence dans le cas des faibles vitesses

liens : animations effet Doppler

<http://www.onera.fr/lumiere/medias/doppler.swf>

[http://www.ostralo.net/3\\_animations/swf/doppler.swf](http://www.ostralo.net/3_animations/swf/doppler.swf)

Déroulement :

Travail de recherche en autonomie par groupe de deux ou quatre (les compétences mises en œuvre ont déjà été abordées lors du TP acoustique musicale).

Les enregistrements ont été réalisés au préalable. Il est possible de confier cette préparation à un groupe d'élève en AP.

La mesure de la fréquence du fondamental se fait sur le spectre du signal lorsque le vélo s'approche. il faut donc sélectionner manuellement un intervalle de temps pour réaliser l'analyse spectrale. Réaliser plusieurs essais sur des durées différentes pour obtenir une valeur moyenne de la fréquence du fondamental.

## 1 Situation déclenchante

Un élève, placé sur le passage d'un vélo, a enregistré l'émission sonore d'un son musical émis depuis ce vélo. A l'aide de ce document sonore, on se propose de déterminer la vitesse du vélo.



## 2 Documents à disposition

### L'effet Doppler

- Animations  
<http://www.onera.fr/lumiere/medias/doppler.swf>  
[http://www.ostralo.net/3\\_animations/swf/doppler.swf](http://www.ostralo.net/3_animations/swf/doppler.swf)

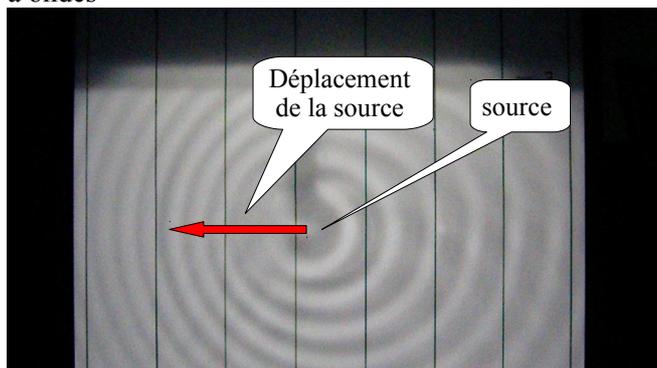
- Canard immobile



- Canard qui se déplace de droite à gauche



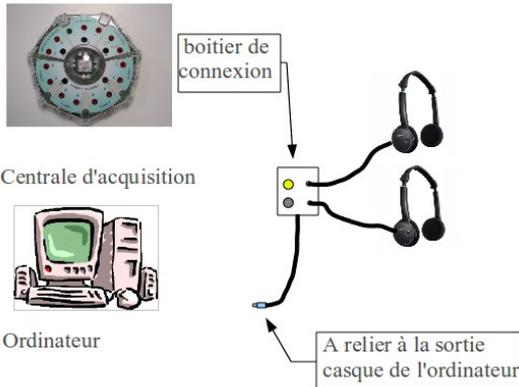
- Photo sur cuve à ondes



- Relation 
$$v_{\text{velo}} = v_{\text{son}} \left( 1 - \frac{f}{f_{\text{approche}}} \right)$$
  
 $v_{\text{velo}}$  : vitesse du vélo ;  $v_{\text{son}}$  : vitesse du son ;  $f$  : fréquence du son lorsque la source sonore est immobile ;  $f_{\text{approche}}$  : fréquence du son lorsque la source sonore s'approche.
- Evolution de la vitesse du son dans l'air en fonction de la température (formule approchée) :  
 $v_{\text{son}} = 331,5 + 0,607 \times \theta$  avec  $\theta$  : température en degrés Celsius  
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Vitesse\\_du\\_son](http://fr.wikipedia.org/wiki/Vitesse_du_son)

### **Matériel à disposition**

- Microphone, système d'acquisition de mesures relié à un ordinateur avec Latis, un connecteur qui permet de relier un casque et un système d'acquisition à la sortie audio de l'ordinateur, casques audio, radio cassette pour émettre le fichier sonore.



### **Fichiers et documents papiers**

- Enregistrement sonore du son musical émis depuis le vélo en mouvement
- Enregistrement sonore du son musical émis depuis une source immobile
- Enregistrement du klaxon d'une automobile qui s'approche puis s'éloigne
- Vidéo du passage du vélo réalisée par un autre élève placé sur le passage de ce vélo
- Aides de Latis : acquisition et analyse spectrale ; acquisition et traitement vidéo

## **3 Travail à effectuer**

### **3.1 Analyse du problème et formulation d'un protocole expérimental**

- Écouter le document sonore du klaxon d'une voiture qui s'approche puis s'éloigne. *Faire de même pour le son musical émis depuis le vélo en mouvement. La hauteur du son est-elle identique lorsque le vélo approche ou s'éloigne ? Préciser. A partir des documents, donner une interprétation de ce phénomène.*
- *A partir de la liste de matériel et des documents, proposer un protocole expérimental pour déterminer la vitesse du vélo.*

**Remarque :** le protocole expérimental doit expliciter la façon dont on va utiliser le matériel et les logiciels, les mesures, ainsi que les calculs à effectuer.

### **Appeler le professeur pour vérification**

### **3.2 Réalisation du protocole expérimental proposé**

- *Mettre en œuvre le protocole.*

**Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté.**

### **3.3 Vérification expérimentale**

- *Proposer un protocole pour mesurer la vitesse du vélo à partir de l'enregistrement vidéo*

### **Appeler le professeur pour vérification**

- *Mettre en œuvre le protocole.*

### **3.4 Communication sur le travail réalisé et sur les résultats obtenus**

- *Déterminer la valeur moyenne  $v_{\text{moy}}$  et l'incertitude  $\Delta v$  des résultats obtenus par les groupes de TP (à partir de l'effet Doppler).*
- *Exprimer le résultat sous la forme  $v = v_{\text{moy}} \pm \Delta v$*
- *Faire de même pour exprimer la vitesse du vélo (à partir de l'exploitation de la vidéo).*
- *Analyser ces résultats.*

### **Compte-rendu**

- *Rédiger un compte-rendu avec un traitement de texte (copier-coller les courbes obtenues).*

### Fiche complément : Expression d'un résultat dans le cas d'une série de mesure indépendante

Le résultat final ne se limite pas à une simple valeur numérique. On définit un **intervalle de valeurs** dans lequel la valeur vraie à une bonne chance de se trouver. On introduit une **incertitude de mesure** qui vise à estimer la largeur de cet intervalle.

#### Expression du résultat

$$b = b_{\text{moy}} \pm \Delta b$$

où  $b_{\text{moy}}$  est la valeur moyenne  
et  $\Delta b$  l'incertitude sur cette valeur moyenne

$\Delta b$  sera arrondi à la valeur supérieure avec un chiffre significatif  
 $b_{\text{moy}}$  sera arrondi en conservant comme dernier chiffre significatif, celui de même position que celui de  $\Delta b$ .

Par exemple :

$v_{\text{moy}} = 238,53 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  et  $\Delta v = 3,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ;  
on obtient  $v = 239 \pm 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

**L'incertitude de mesure** sera définie par  $\Delta b = 2 \times \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$

où  $\sigma_{n-1}$  est l'écart type sur la série de mesures  
et  $n$  le nombre de mesure

#### Méthode

Dans le tableur, calculer  $b_{\text{moy}}$ ,  $\sigma_{n-1}$  (écart type) puis  $\Delta b$

#### Avec le tableur OpenOffice

Calcul de la moyenne : =MOYENNE()  
Calcul de l'écart type : =ECARTYPE()  
Calcul d'une racine carrée : =RACINE()

#### Avec un calculatrice

Voir fiches d'aide pour utiliser les fonctions statistiques.

Remarque : sur une casio, l'écart type recherché est noté  $\sigma n-1$

#### Chiffres significatifs

Dans un nombre, tous les chiffres sont significatifs sauf les zéros placés en tête du nombre.

Exemples :

|       |                          |
|-------|--------------------------|
| 5,3   | 2 chiffres significatifs |
| 5,30  | 3 chiffres significatifs |
| 5300  | 4 chiffres significatifs |
| 0,053 | 2 chiffres significatifs |